# บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สมบัติทางเคมีและจุลภาค

จากการวิจัยด้านโครงสร้างเชิงจุลภาค พบว่ามีพื้นเป็นเนื้อแก้วยึดเกาะกันคล้ายกลีบหัวหอมมีรอยแตกโครงเว้าคล้ายรูปฝาหอย และโครงสร้างของเนื้อพื้นยึดเกาะกันแบบหลวมๆ ทำให้เกิดช่องว่าง อากาศ ในเนื้อของก้อนตัวอย่างโดยทั่วบริเวณ

## 5.2 สมบัติทางกายภาพของมอร์ต้าร์ผสมหินเพอร์ไลต์สุก

สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมของหินเพอร์ไลต์คือความหนาแน่น ซึ่งผลการวิจัยพบว่าก้อนตัวอย่างที่ใช้เพอร์ไลต์เป็นส่วนผสมอัตราส่วน 1:1:4 อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดตามวัตถุประสงค์ โดยมีความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ 750 กก. /ลบ.ม. สมบัติทางกายภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือค่าอัตราการไหล ผลการวิจัยพบว่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดในการนำไปใช้งานคอนกรีตหรือมอร์ต้าร์สดที่มีความข้นเหลวที่เหมาะสมคือร้อยละ 70-100 ถือเป็นการเลือกใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้อย่างเหมาะสมในงานวิจัยนี้ได้ใช้น้ำต่อปริมาณซีเมนต์ 0.5 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก เป็นกลุ่มตัวอย่างมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ปกติที่ไม่ได้ใส่สารปรับเพิ่มสมบัติ แต่สำหรับก้อนตัวอย่างที่ใช้สารเพิ่มสมบัติของมอร์ต้าร์ของสารลดปริมาณน้ำและสารกักฟองอากาศ โดยกลุ่มมอร์ต้าร์ที่มีการใช้สารดังกล่าวได้การปรับลดปริมาณการใช้น้ำต่อปริมาณซีเมนต์ 0.35 ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลอัตราการไหลก็ลดลง แต่ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ของความข้นเหลวของงานคอนกรีตหรือมอร์ต้าร์สดที่ดี สำหรับค่าความคงตัวพบว่ากลุ่มมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ทุกกลุ่มตัวอย่างให้ผลการวิจัยดังกล่าวเด่นชัดกว่ามอร์ต้าร์ทั่วไป (OPM)

ผลสมบัติข้อด้อยส่งผลกระทบกับก้อนตัวอย่างด้านสมบัติทางกายภาพคือค่าการดูดซึมน้ำได้สูงซึ่งเกิดกว่าอัตราการดูดซึมน้ำของวัสดุที่ใช้ทำเป็นวัสดุมวลเบา หรือวัสดุงานผนังทั่วไปโดยกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 25 แต่ผลการวิจัยพบว่ามีค่ามากกว่าโดยเฉลี่ยร้อยละ 22 ถึงร้อยละ 38

## 5.3 สมบัติเชิงกลของมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์

สมบัติเชิงกลที่สำคัญข้องก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ที่ต้องคำนึงถึงคือสมบัติทางด้านกำลังอัด การที่จะนำผลการวิเคราะห์วิจัยไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุดตามวัตถุประสงค์ในด้านงานคอนกรีตมวลเบานั้นได้กำหนดไว้คือ มอร์ต้าร์หรือคอนกรีตมวลเบาที่ผลิตได้ต้องค่ากำลังอัดไม่

ต่ำว่า 3.5 MPa ที่อายุการบ่มที่ 7 วัน ซึ่งก้อนตัวอย่างทุกสัดส่วนผสมจะให้ค่าผลสมบัติดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดดังกล่าว

และถ้ามองในภาพรวมของผลการวิจัยจะพบว่าถ้ามีการเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์เผาสุกมากขึ้นในอัตราส่วนผสมจะทำให้ได้ก้อนตัวอย่างที่มีความหนาแน่นต่ำแต่สมบัติด้านการรับกำลังดึง กำลังอัด และกำลังดัด ลดน้อยลงซึ่งมีผลแปรผกผันกับค่าความหนาแน่นรวมและค่าความคงตัว

**5.4 ผลการวิจัยค่าโมดูลัสยืดหยุ่น**

ผลสมบัติของค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่อายุการบ่ม 3, 7, 17 และ 28 วัน พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากสมการ ACI 318-89 ทุกอัตราส่วนผสม สำหรับกลุ่มมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์พบว่าอัตราส่วนผสม 1:1.5:4 มีระดับความเชื่อมั่นของผลการทดสอบมากว่าอัตราส่วนผสมอื่นกลุ่มของมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ทั้ง 3 กลุ่ม และซึ่งค่าโมดูลัสยืดหยุ่นยืดหยุ่นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.38E+03 MPa ซึ่งสูงกว่าทุกอัตราส่วนผสมทุกกลุ่มตัวอย่าง สำหรับมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ (PM) จะมีค่าต่ำกว่าทุกอัตราส่วนผสมซึ่งทั้งนี้จะมีผลแปรผันตามผลบสมบัติเชิงกลด้าน กำลังอัด กำลังดัด กำลังดึง และพบว่าผลความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นกับความเครียดพบว่าการใช้หินเพอร์ไลต์เผาสุกเป็นมวลรวมผสมทำให้เกิดสภาวะอีลาสติก และพลาสติก ในก้อนตัวอย่างได้มากกว่ามอร์ต้าร์ควบคุม (OPM)

**5.5 ผลความสัมพันธ์ของสมบัติมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์**

จากผลการทดสอบของสมบัติด้านต่างๆ ของก้อนตัวอย่างโดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพและเชิงกลที่สำคัญอันได้แก่ค่าการดูดซึมน้ำหรือค่าการดูดซับปริมาณความชื้น ค่าอัตราการไหลกับค่ากำลังดัด ซึ่งเป็นสมบัติบัติเฉพาะตัวประเด็นหลักที่จะชี้นำถึงสมบัติด้านการนำไปใช้งานของก้อนตัวอย่างได้เป็นอย่างดี ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์แบบผกผันต่อกัน ซึ่งเป็นผลสมบัติที่ต้องคำนึงถึงในประกอบการพิจารณานำไปใช้งาน

เมื่อเปรียบเทียบผลการนำไปใช้งานตามข้อกำหนดมาตรฐานของงานคอนกรีตเบาแล้วสามารถจัดอยู่ในกลุ่มของการนำไปใช้งานจำพวกคอนกรีตมวลเบาชนิดฉนวน ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดไว้โดยมีความหนาแน่นตั้งแต่ 315-1100 กก./ลบ.ม. และต้องมีค่ากำลังอัดเมื่ออายุการบ่มครบ 7 วัน ระหว่าง 0.7-7.0 MPa. โดยที่ผลการวิเคราะห์วิจัยของก้อนตัวอย่างพบว่าที่อายุการบ่ม ดังกล่าวให้ค่าผลกำลังอัดได้ไม่ต่ำว่า 3.50 MPa

**5.6 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต**

จากการผลการวิเคราะห์ต้นทุนในเบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อราคาต้นทุนที่สูงขึ้นในงาน

วิจัยที่นี้คือหินเพอร์ไลต์ ซึ่งทำให้ผลการวิจัยตัวอย่างพบว่าทำให้ต้นทุนกลุ่มมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ มีต้นทุนการผลิตในเบื้องต้นที่สูงกลุ่มมอร์ต้าร์ควบคุม (OPM) โดยเฉลี่ยร้อยละ 54-83 และถ้าเปรียบเทียบกับกลุ่มมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ด้วยกัน พบว่ากลุ่มมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์ (HRRM) มีราคาต้นทุนค่าสูงกว่ากลุ่มมอร์ต้าร์เพอร์ไลต์กลุ่มอื่น ร้อยละ 4 ถึงร้อยละ 34

**5.7 ข้อเสนอแนะ**

จากการดำเนินการวิเคราะห์วิจัยพบปัญหาพอที่จะสรุปเพื่อเป็นข้อเสนอแนะในทางในการดำเนินการวิจัยในคราวต่อไปได้หลายประเด็นดังนี้

1. การคัดขนาดคละของหินเพอร์ไลต์เพื่อใช้เป็นวัสดุมวลรวมรวมต้องพึงระวังด้านปัญหาของฝุ่น ควรจัดหาวัสดุที่มีขนาดคละที่ดีไม่ควรจัดหาวัตถุดิบที่มีผงฝุ่นเหมือนแป้งผสมอยู่มากมาใช้ เพราะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของก้อนตัวอย่างด้านความหนาแน่น และปริมาณการดูดซับความชื้น

2. การผสมตัวอย่างควรระมัดระวังเรื่องการเติมน้ำ ควรจัดลุกเคล้ามวลรวมผสมให้เข้ากันก่อนแล้วจึงค่อยๆเติมน้ำตามจำนวนที่กำหนดพร้อมกับดลุดเข้าให้เข้ากัน ต้องระวังการแยกตัวของหินเพอร์ไลต์ออกจากมวลรวมผสม และไม่ควรเพิ่มน้ำเกินข้อกำหนดถึงแม้จะพบว่าผสมรวมผสมนั้นแห้งหมาดๆมากก็ตามเพอร์พินเพอร์ไลต์ดูดน้ำเข้าไปเก็บไว้ เพื่อทิ้งไว้สักครู่ก็จะเริ่มมีการคลายน้ำออกมาสู่ทรายและซีเมนต์ทำให้เกิดการเหลวและผสมง่ายขึ้น หากมีการใช้น้ำเพิ่มเมื่อทิ้งไว้สักระยะหนึ่งจะเกิดการแยกตัวหินเพอร์ไลต์จะลอยขึ้นมาอยู่ผิวหน้าของแบบหล่อก้อนตัวอย่าง

3. การบ่มก้อนตัวอย่างน่าจะมีการบ่มโดยใช้อบไอน้ำ ซึ่งอาจจะเป็นการเร่งปฏิกิริยาให้เกิดกำลังมากยิ่งขึ้น

4. จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบของหินเพอร์ไลต์ พบว่ามีศักยภาพเทียบได้กับสารปอซโซลานธรรมชาติชนิดอื่นเช่นกัน จึงสมควรศึกษาในการใช้ผสมเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้เช่นกัน

เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนและวิธีการวิจัยการพัฒนามอร์ต้าร์มวลเบาที่มีหินเพอร์ผสมไลต์เผาสุกที่มีส่วนผสม พบว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัสดุมวลเบา โดยสามารถนำเอาวิธีการและผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรมได้ แต่มีข้อควรพึงระวังตามที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อข้างต้นคือ ด้านการเตรียมตัวอย่างหินเพอร์ไลต์ที่เผาสุก การควบคุมกรรมวิธีการผสม การประมาณค่าการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงให้เหมาะสมเฉพาะงานไป